

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/018378

International filing date: 09 December 2004 (09.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-231463
Filing date: 06 August 2004 (06.08.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 10 February 2005 (10.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

15.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 8 月 6 日
Date of Application:

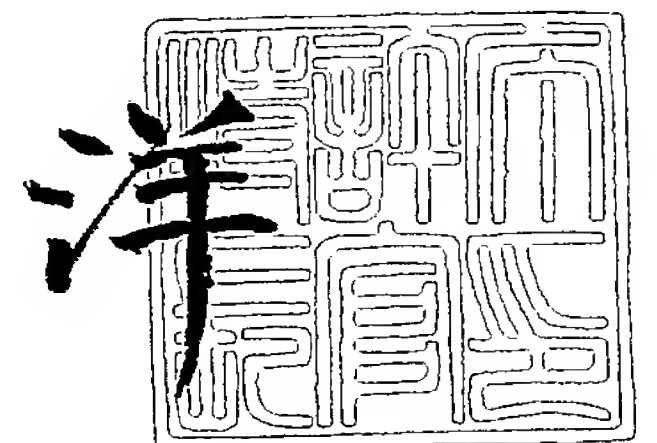
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 2 3 1 4 6 3
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 4 - 2 3 1 4 6 3]

出 願 人 セイコーエプソン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 5 年 1 月 2 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 J011153901
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 B41J 2/045
【発明者】
 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
 【氏名】 伊藤 マキ
【発明者】
 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
 【氏名】 村井 正己
【発明者】
 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
 【氏名】 李 欣山
【発明者】
 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
 【氏名】 新保 俊尚
【特許出願人】
 【識別番号】 000002369
 【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100101236
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 栗原 浩之
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 042309
 【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0216673

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

基板の一方面に振動板を形成する工程と、該振動板上に下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子を形成する工程とを具備し、前記振動板を形成する工程が、前記基板の一方面側にジルコニウム層を形成すると共に該ジルコニウム層を所定の昇温レートで所定の温度まで加熱して熱酸化することにより酸化ジルコニウム層からなる絶縁体膜を形成する工程と、前記ジルコニウム層を熱酸化する際の最高温度以下の温度で前記絶縁体膜をアニール処理して当該絶縁体膜の応力を調整する工程とを少なくとも有することを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記ジルコニウム層を熱酸化する際の昇温レートを $50^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以上とすることを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法。

【請求項 3】

請求項 2 において、前記ジルコニウム層を熱酸化する際に、当該ジルコニウム層を R T A 法によって加熱することを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 の何れかにおいて、前記ジルコニウム層を熱酸化する際の温度を 800°C 以上 1000°C 以下とすることを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法。

【請求項 5】

請求項 4 において、前記絶縁体膜をアニール処理する際の温度を 800°C 以上 900°C 以下とすることを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法。

【請求項 6】

請求項 5 において、前記絶縁体膜をアニール処理する時間を 0.5 時間以上 2 時間以下の範囲で調整することを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 の何れかの製造方法によって製造されたアクチュエータ装置を液体吐出手段とする液体噴射ヘッドを備えたことを特徴とする液体噴射装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 アクチュエータ装置の製造方法及び液体噴射装置

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板上に圧電体層を有する圧電素子を形成して、圧電素子の変位により振動板を変形させるアクチュエータ装置の製造方法及びアクチュエータ装置を用いて液滴を吐出させる液体噴射装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

電圧を印加することにより変位する圧電素子を具備するアクチュエータ装置は、例えば、液滴を噴射する液体噴射装置に搭載される液体噴射ヘッドの液体吐出手段として用いられる。このような液体噴射装置としては、例えば、ノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板を圧電素子により変形させて圧力発生室のインクを加圧してノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドを具備するインクジェット式記録装置が知られている。

【0 0 0 3】

インクジェット式記録ヘッドには、圧電素子の軸方向に伸長、収縮する縦振動モードのアクチュエータ装置を搭載したものと、たわみ振動モードのアクチュエータ装置を搭載したものの2種類が実用化されている。そして、たわみ振動モードのアクチュエータ装置を使用したものとしては、例えば、振動板の表面全体に互って成膜技術により均一な圧電体膜を形成し、この圧電体層をリソグラフィ法により圧力発生室に対応する形状に切り分けることによって各圧力発生室毎に独立するように圧電素子を形成したものがあ

【0 0 0 4】

このような圧電素子を構成する圧電材料層の材料としては、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛（P Z T）が用いられる。この場合、圧電材料層を焼成する際に、圧電材料層の鉛成分が、シリコン（S i）からなる流路形成基板の表面に設けられて振動板を構成する酸化シリコン（S i O₂）膜に拡散してしまう。そして、この鉛成分の拡散によって酸化シリコンの融点が降下し、圧電材料層の焼成時の熱により溶融してしまうという問題がある。このような問題を解決するために、例えば、酸化シリコン膜上に振動板を構成し、所定の厚みを有する酸化ジルコニウム膜を設け、この酸化ジルコニウム膜上に圧電材料層を設けることで、圧電材料層から酸化シリコン膜への鉛成分の拡散を防止したものがあ

【0 0 0 5】

この酸化ジルコニウム膜は、例えば、スパッタ法によりジルコニウム膜を形成後、このジルコニウム膜を熱酸化することによって形成される。このため、ジルコニウム膜を熱酸化する際に発生する応力によって酸化ジルコニウム膜にクラックが発生する等の不良が発生するという問題がある。また、流路形成基板と酸化ジルコニウム膜との応力に差が大きいと、例えば、流路形成基板に圧力発生室を形成した後などに、流路形成基板等が変形することによりジルコニウム膜が剥がれてしまう等の問題も発生する。

【0 0 0 6】

【特許文献1】 特開平 1 1 - 2 0 4 8 4 9 号公報（図 1、図 2、第 5 頁）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 7】

本発明は、このような事情に鑑み、振動板の割れ等の不良を防止して耐久性及び信頼性を向上した液体噴射ヘッドの製造方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 8】

上記課題を解決する本発明の第 1 の態様は、基板の一方面に振動板を形成する工程と、該振動板上に下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子を形成する工程とを具備し、

前記振動板を形成する工程が、前記基板の一方面側にジルコニウム層を形成すると共に該ジルコニウム層を所定の昇温レートで所定の温度まで加熱して熱酸化することにより酸化ジルコニウム層からなる絶縁体膜を形成する工程と、前記ジルコニウム層を熱酸化する際の最高温度以下の温度で前記絶縁体膜をアニール処理して当該絶縁体膜の応力を調整する工程とを少なくとも有することを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法にある。

かかる第1の態様では、振動板を構成する絶縁体膜の密着力が向上される。また、同一ウェハ内での絶縁体膜の密着力のばらつきも抑えることができ、圧電素子の変位特性を均一化したアクチュエータ装置を製造することができる。

【0009】

本発明の第2の態様は、第1の態様において、前記ジルコニウム層を熱酸化する際の昇温レートを $50^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以上とすることを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法にある。

かかる第2の態様では、昇温レートを所定値以上とすることで、絶縁体膜の密着力が確実に向上する。

【0010】

本発明の第3の態様は、第2の態様において、前記ジルコニウム層を熱酸化する際に、当該ジルコニウム層をRTA法によって加熱することを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法にある。

かかる第3の態様では、RTA法を用いることで、ジルコニウム層を所望の昇温レートで加熱することができる。

【0011】

本発明の第4の態様は、第1～3の何れかの態様において、前記ジルコニウム層を熱酸化する際の温度を 800°C 以上 1000°C 以下とすることを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法にある。

かかる第4の態様では、ジルコニウム層を良好に熱酸化することができ、絶縁体膜の密着力をより確実に向上させることができる。

【0012】

本発明の第5の態様は、第4の態様において、前記絶縁体膜をアニール処理する際の温度を 800°C 以上 900°C 以下とすることを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法にある。

かかる第5の態様では、密着力を低下させることなく絶縁体膜の応力を調整することができる。

【0013】

本発明の第6の態様は、第5の態様において、前記絶縁体膜をアニール処理する時間を0.5時間以上2時間以下の範囲で調整することを特徴とするアクチュエータ装置の製造方法にある。

かかる第6の態様では、密着力を低下させることなく絶縁体膜の応力を確実に調整することができる。

【0014】

本発明の第7の態様は、第1～6の何れかの態様の製造方法によって製造されたアクチュエータ装置を液体吐出手段とする液体噴射ヘッドを備えたことを特徴とする液体噴射装置にある。

かかる第7の態様では、振動板の耐久性を向上すると共に、圧電素子の駆動による振動板の変位量を向上することができ、液滴の吐出特性を向上した液体噴射装置を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下に本発明を実施形態に基づいて詳細に説明する。

(実施形態1)

図1は、本発明の実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドを示す分解斜視図であ

り、図2は、図1の平面図及び断面図である。図示するように、流路形成基板10は、本実施形態では面方位(110)のシリコン単結晶基板からなり、その一方の面には予め熱酸化により形成した二酸化シリコンからなる、厚さ0.5~2 μ mの弾性膜50が形成されている。流路形成基板10には、複数の圧力発生室12がその幅方向に並設されている。また、流路形成基板10の圧力発生室12の長手方向外側の領域には連通部13が形成され、連通部13と各圧力発生室12とが、各圧力発生室12毎に設けられたインク供給路14を介して連通されている。なお、連通部13は、後述する保護基板のリザーバ部と連通して各圧力発生室12の共通のインク室となるリザーバの一部を構成する。インク供給路14は、圧力発生室12よりも狭い幅で形成されており、連通部13から圧力発生室12に流入するインクの流路抵抗を一定に保持している。

【0016】

また、流路形成基板10の開口面側には、各圧力発生室12のインク供給路14とは反対側の端部近傍に連通するノズル開口21が穿設されたノズルプレート20が接着剤や熱溶着フィルム等を介して固着されている。なお、ノズルプレート20は、厚さが例えば、0.01~1mmで、線膨張係数が300℃以下で、例えば2.5~4.5 [$\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$]であるガラスセラミックス、シリコン単結晶基板又は不銹鋼などからなる。

【0017】

一方、このような流路形成基板10の開口面とは反対側には、上述したように、厚さが例えば約1.0 μ mの二酸化シリコン(SiO_2)からなる弾性膜50が形成され、この弾性膜50上には、厚さが例えば、約0.4 μ mの酸化ジルコニウム(ZrO_2)からなる絶縁体膜55が形成されている。また、この絶縁体膜55上には、厚さが例えば、約0.2 μ mの下電極膜60と、厚さが例えば、約1.0 μ mの圧電体層70と、厚さが例えば、約0.05 μ mの上電極膜80とが、後述するプロセスで積層形成されて、圧電素子300を構成している。ここで、圧電素子300は、下電極膜60、圧電体層70及び上電極膜80を含む部分をいう。一般的には、圧電素子300の何れか一方の電極を共通電極とし、他方の電極及び圧電体層70を各圧力発生室12毎にパターンニングして構成する。そして、ここではパターンニングされた何れか一方の電極及び圧電体層70から構成され、両電極への電圧の印加により圧電歪みが生じる部分を圧電体能動部という。本実施形態では、下電極膜60は圧電素子300の共通電極とし、上電極膜80を圧電素子300の個別電極としているが、駆動回路や配線の都合でこれを逆にしても支障はない。何れの場合においても、各圧力発生室毎に圧電体能動部が形成されていることになる。また、ここでは、圧電素子300と当該圧電素子300の駆動により変位が生じる振動板とを合わせて圧電アクチュエータと称する。なお、このような各圧電素子300の上電極膜80には、例えば、金(Au)等からなるリード電極90がそれぞれ接続され、このリード電極90を介して各圧電素子300に選択的に電圧が印加されるようになっている。

【0018】

また、流路形成基板10上の圧電素子300側の面には、圧電素子300に対向する領域にその運動を阻害しない程度の空間を確保可能な圧電素子保持部31を有する保護基板30が接合されている。圧電素子300は、この圧電素子保持部31内に形成されているため、外部環境の影響を殆ど受けない状態で保護されている。さらに、保護基板30には、流路形成基板10の連通部13に対応する領域にリザーバ部32が設けられている。このリザーバ部32は、本実施形態では、保護基板30を厚さ方向に貫通して圧力発生室12の並設方向に沿って設けられており、上述したように流路形成基板10の連通部13と連通されて各圧力発生室12の共通のインク室となるリザーバ100を構成している。

【0019】

また、保護基板30の圧電素子保持部31とリザーバ部32との間の領域には、保護基板30を厚さ方向に貫通する貫通孔33が設けられ、この貫通孔33内に下電極膜60の一部及びリード電極90の先端部が露出され、これら下電極膜60及びリード電極90には、図示しないが、駆動ICから延設される接続配線の一端が接続される。

【0020】

なお、保護基板 3 0 の材料としては、例えば、ガラス、セラミックス材料、金属、樹脂等が挙げられるが、流路形成基板 1 0 の熱膨張率と略同一の材料で形成されていることがより好ましく、本実施形態では、流路形成基板 1 0 と同一材料のシリコン単結晶基板を用いて形成した。

【0 0 2 1】

また、保護基板 3 0 上には、封止膜 4 1 及び固定板 4 2 とからなるコンプライアンス基板 4 0 が接合されている。封止膜 4 1 は、剛性が低く可撓性を有する材料（例えば、厚さが $6 \mu\text{m}$ のポリフェニレンサルファイド（PPS）フィルム）からなり、この封止膜 4 1 によってリザーバ部 3 2 の一方向が封止されている。また、固定板 4 2 は、金属等の硬質の材料（例えば、厚さが $30 \mu\text{m}$ のステンレス鋼（SUS）等）で形成される。この固定板 4 2 のリザーバ 1 0 0 に対向する領域は、厚さ方向に完全に除去された開口部 4 3 となっているため、リザーバ 1 0 0 の一方向は可撓性を有する封止膜 4 1 のみで封止されている。

【0 0 2 2】

このような本実施形態のインクジェット式記録ヘッドでは、図示しない外部インク供給手段からインクを取り込み、リザーバ 1 0 0 からノズル開口 2 1 に至るまで内部をインクで満たした後、図示しない駆動 IC からの記録信号に従い、圧力発生室 1 2 に対応するそれぞれの下電極膜 6 0 と上電極膜 8 0 との間に電圧を印加し、弾性膜 5 0、絶縁体膜 5 5、下電極膜 6 0 及び圧電体層 7 0 をたわみ変形させることにより、各圧力発生室 1 2 内の圧力が高まりノズル開口 2 1 からインク滴が吐出する。

【0 0 2 3】

ここで、このようなインクジェット式記録ヘッドの製造方法について、図 3 ～図 5 を参照して説明する。なお、図 3 ～図 5 は、圧力発生室 1 2 の長手方向の断面図である。まず、図 3（a）に示すように、シリコンウェハである流路形成基板用ウェハ 1 1 0 を約 1100°C の拡散炉で熱酸化し、その表面に弾性膜 5 0 を構成する二酸化シリコン膜 5 1 を形成する。なお、本実施形態では、流路形成基板用ウェハ 1 1 0 として、膜厚が約 $625 \mu\text{m}$ と比較的厚く剛性の高いシリコンウェハを用いている。

【0 0 2 4】

次いで、図 3（b）に示すように、弾性膜 5 0（二酸化シリコン膜 5 1）上に、酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜 5 5 を形成する。具体的には、弾性膜 5 0 上に、例えば、DC スパッタ法により所定厚さ、本実施形態では、約 $0.3 \mu\text{m}$ のジルコニウム層を形成する。そして、ジルコニウム層が形成された流路形成基板用ウェハ 1 1 0 を所定の昇温レートで所定の温度まで加熱してジルコニウム層を熱酸化することにより、酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜 5 5 を形成する。

【0 0 2 5】

このようにジルコニウム層を熱酸化する際の昇温レートは $50^\circ\text{C}/\text{sec}$ 以上と比較的速くすることが好ましい。また、このように比較的速い昇温レートでジルコニウム層を加熱する方法は、特に限定されないが、RTA（Rapid Thermal Annealing）法を用いることが好ましい。例えば、本実施形態では、RTA 装置を用いてジルコニウム層を熱酸化して絶縁体膜 5 5 を形成している。なお、ジルコニウム層を熱酸化する際の温度は、 800°C 以上 1000°C 以下とすることが好ましく、本実施形態では、約 900°C とした。

【0 0 2 6】

このようにジルコニウム層を比較的速い昇温レートで加熱して熱酸化することで、絶縁体膜 5 5 を緻密な膜に形成することができ、絶縁体膜 5 5 にクラックが発生するのを防止できる。また、絶縁体膜 5 5 の弾性膜 5 0 との密着性が向上するため、圧電素子 3 0 0 の駆動によって繰り返し変形した場合でも、絶縁体膜 5 5 の剥がれを防止することができる。

【0 0 2 7】

ここで、昇温レートの違いによる絶縁体膜の密着力について調べた。具体的には、弾性膜上に形成したジルコニウム層を形成し、昇温レート以外の条件は一定とし、昇温レート

を 15、50、100、150℃/sec としてジルコニウム層を熱酸化してサンプル 1～4 の絶縁体膜（酸化ジルコニウム層）を形成した。そして、これら各サンプルの絶縁体膜についてスクラッチ試験を行った。なお、スクラッチ試験は、図 6 に示すように、流路形成基板用ウェハ 110 の中心を基準点 P0 として、オリフラ面 110a に対して垂直方向の y 軸上の 3ヶ所、具体的には、流路形成基板用ウェハ 110 の中心点 P0 と、y 軸上の中心点からプラス方向に 60mm 離れた位置 P1 と、y 軸上の中心点からマイナス方向に 60mm 離れた位置 P2 とでそれぞれ行った。その結果を図 7 に示す。図 7 に示すように、昇温レートが 15℃/sec であるサンプル 1 の絶縁体膜は、100mN 程度の密着力であったが、昇温レートを 50℃/sec としたサンプル 2 の絶縁体膜では、200mN 程度の密着力が得られ、昇温レートを 100℃/sec 以上としたサンプル 3 及び 4 の絶縁体膜では、300mN 前後と極めて良好な密着力が得られた。このように絶縁体膜の弾性膜に対する密着力は、ジルコニウム層を熱酸化する際の昇温レートを速くするに連れて大きくなり、少なくとも昇温レートを 50℃/sec 以上、特に、100℃/sec 以上とすることで十分な密着力を得ることができる。

【0028】

またここで、昇温レート以外の条件は一定とし、昇温レートを 4、19、150℃/sec としてジルコニウム層を熱酸化することにより得たサンプル 5～7 の絶縁体膜 55 の断面 SEM 像を図 8 に示す。図 8 (a), (b) に示すように、サンプル 5 及び 6 の絶縁体膜 55 のように、比較的昇温レートを比較的遅くした場合、絶縁体膜 55 と弾性膜 50 との界面に、ガラス状の物質で構成される低密度層が形成されてしまう。なお、絶縁体膜 55 と弾性膜 50 との界面に黒く見える部分が低密度層である。サンプル 5 では、図中矢印で指し示すように、低密度層が明らかに存在していることが分かる。そして、この低密度層が存在すると、絶縁体膜 55 の弾性膜 50 に対する密着力が低下してしまう。これに対し、昇温レートを 150℃/sec と比較的高くしたサンプル 7 の SEM 像では、図 8 (c) に示すように、低密度層は全く確認されなかった。

【0029】

これらの結果からも明らかなように、絶縁体膜 55 の密着力を得るためには、ジルコニウム層を熱酸化する際の昇温レートを比較的速く、具体的には、50℃/sec 以上として、弾性膜 50 と絶縁体膜 55 との界面に低密度層が存在しないようにするのが好ましい。

【0030】

そして、本発明の製造方法では、このように形成した絶縁体膜 55 を所定温度でさらにアニール処理し、絶縁体膜 55 の応力を調整するようにした。具体的には、上述したジルコニウム層を熱酸化する際の最高温度以下、本実施形態では、900℃以下の温度で絶縁体膜 55 をアニール処理し、その際の温度及び時間等の条件を変えることによって絶縁体膜 55 の応力を調整している。例えば、本実施形態では、加熱温度 850℃、加熱時間 1h の条件で絶縁体膜 55 をアニール処理することにより、絶縁体膜 55 の応力を調整した。熱酸化後の絶縁体膜 55 の応力が 2.4×10^8 程度の圧縮応力であったのに対し、アニール処理した結果、絶縁体膜 55 の応力は 2.94×10^8 程度の引張応力となった。

【0031】

このように、絶縁体膜 55 をアニール処理して応力の調整を行うことで、後述する工程で形成される圧電素子を構成する各層を含む膜全体の応力バランスがとれるため、応力に起因する膜の剥がれや、クラックの発生を防止することができる。また、アニール処理時の加熱温度を、ジルコニウム層を熱酸化する際の最高温度以下とすることで、絶縁体膜 55 の密着力も維持することができる。なお、アニール処理時の加熱温度は、上記最高温度以下であれば特に限定されないが、できるだけ高温とするのが好ましい。絶縁体膜の応力は、上述したようにアニール処理時の加熱温度、加熱時間等の条件によって決まる。このため、加熱温度を高くすることで、比較的短時間で応力の調整（アニール処理）を終わらせて製造効率を向上することができるからである。

【0032】

ここで、アニール処理の前後での絶縁体膜の応力の変化について調べた。具体的には、弾性膜上に形成したジルコニウム層を、加熱温度 900°C 、加熱時間 5 sec の条件で熱酸化することによってサンプル 7~10 の絶縁体膜を形成する。そして、まず、この状態で、絶縁体膜の反り量、具体的には、流路形成基板用ウェハの中心部、約 140 mm スパンでの絶縁体膜の反り量を測定した。その後、これら各サンプルの絶縁体膜を、加熱温度 850°C 、加熱時間 1 h の条件でアニール処理し、再び絶縁体膜の反り量を測定した。その結果を図 9 に示す。図 9 に示すように、アニール処理前の絶縁体膜の最大反り量は、何れも約 $+30\text{ }\mu\text{m}$ であった。すなわち、アニール処理前の絶縁体膜は何れも弾性膜側が凹となるように反りが生じていた。これに対し、アニール処理後の絶縁体膜の最大反り量は、何れも約 $-40\text{ }\mu\text{m}$ であった。すなわち、アニール処理後の絶縁体膜は何れも弾性膜側が凸となるように反りが生じていた。この結果から分かるように、絶縁体膜 55 をアニール処理することにより絶縁体膜 55 の応力を調整することができる。

【0033】

また、このようにアニール処理を行うことにより、流路形成基板用ウェハの面内方向における絶縁体膜の密着力のばらつきも低減することができる。ここで、アニール処理を施していない比較例の絶縁体膜と、アニール処理を施した実施例の絶縁体膜とで、密着力のばらつきを調べた。具体的には、ジルコニウム層を、上述した条件で熱酸化して弾性膜上に絶縁体膜を形成した複数のサンプル（比較例 1A、1B、1C）と、熱酸化後さらに絶縁体膜をアニール処理した複数のサンプル（実施例 1A、1B、1C）とを作成した。そして、各実施例及び比較例のサンプルにおいて、絶縁体膜のスクラッチ試験を行った。なお、スクラッチ試験は、上述したように、流路形成基板用ウェハ 110 上の三点で行った（図 6 参照）。その結果を図 10 及び図 11 に示す。

【0034】

図 10 及び図 11 に示すように、比較例 1A~1C のサンプルでは、絶縁体膜の密着力に最大で 30 mN 程度の差が生じていた。これに対し、実施例 1A~1C のサンプルでは、絶縁体膜の密着力にほとんど差が見られなかった。この結果から明らかなように、熱酸化により絶縁体膜を形成後、絶縁体膜をさらにアニール処理することで、流路形成基板用ウェハの面内方向における絶縁体膜の密着力のばらつきを防止することができる。また、各流路形成基板用ウェハ毎の絶縁体膜の密着力のばらつきも極めて小さく抑えることができる。

【0035】

なお、このような絶縁体膜 55 を形成した後は、図 3 (c) に示すように、例えば、白金とイリジウムとを絶縁体膜 55 上に積層することにより下電極膜 60 を形成後、この下電極膜 60 を所定形状にパターンニングする。次いで、図 3 (d) に示すように、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) からなる圧電体層 70 と、例えば、イリジウムからなる上電極膜 80 とを流路形成基板用ウェハ 110 の全面に形成する。ここで、本実施形態では、金属有機物を触媒に溶解・分散したいわゆるゾルを塗布乾燥してゲル化し、さらに高温で焼成することで金属酸化物からなる圧電体層 70 を得る、いわゆるゾルーゲル法を用いてチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) からなる圧電体層 70 を形成している。

【0036】

また、圧電体層 70 の材料としては、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) 等の強誘電性圧電性材料に、ニオブ、ニッケル、マグネシウム、ビスマス又はイットルビウム等の金属を添加したリラクサ強誘電体等を用いてもよい。その組成は、圧電素子の特性、用途等を考慮して適宜選択すればよいが、例えば、 PbTiO_3 (PT)、 PbZrO_3 (PZ)、 $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ (PZT)、 $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 (PMN-PT)、 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 (PZN-PT)、 $\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 (PNN-PT)、 $\text{Pb}(\text{In}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ - PbTiO_3 (PIN-PT)、 $\text{Pb}(\text{Sc}_{1/3}\text{Ta}_{1/2})\text{O}_3$ - PbTiO_3 (PST-PT)、 $\text{Pb}(\text{Sc}_{1/3}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ - PbTiO_3 (PSN-PT)、 BiScO_3 - PbTiO_3 (BS-PT)、 BiY

$\text{bO}_3 - \text{PbTiO}_3$ (BY-PT) 等が挙げられる。また、圧電体層 70 の製造方法は、ゾル-ゲル法に限定されず、例えば、MOD (Metal-Organic Decomposition) 法等を用いてもよい。

【0037】

ここで、本発明では、上述したように、絶縁体膜 55 をアニール処理することにより応力の調整を行っている。例えば、圧電体層 70 を形成する際に、その焼成温度の条件を変更することで、応力を調整することはできる。しかしながら、焼成温度等の条件を変更すると、圧電体層 70 の物性が変わってしまい、所望の特性が得られない虞があるため好ましくない。

【0038】

次いで、図 4 (a) に示すように、圧電体層 70 及び上電極膜 80 を、各圧力発生室 12 に対向する領域にパターンニングして圧電素子 300 を形成する。次に、リード電極 90 を形成する。具体的には、図 4 (b) に示すように、流路形成基板用ウェハ 110 の全面に亘って、例えば、金 (Au) 等からなる金属層 91 を形成する。その後、例えば、レジスト等からなるマスクパターン (図示なし) を介して金属層 91 を各圧電素子 300 毎にパターンニングすることでリード電極 90 が形成される。

【0039】

次に、図 4 (c) に示すように、流路形成基板用ウェハ 110 の圧電素子 300 側に、シリコンウェハであり複数の保護基板 30 となる保護基板用ウェハ 130 を接合する。なお、この保護基板用ウェハ 130 は、例えば、 $400\mu\text{m}$ 程度の厚さを有するため、保護基板用ウェハ 130 を接合することによって流路形成基板用ウェハ 110 の剛性は著しく向上することになる。

【0040】

次いで、図 4 (d) に示すように、流路形成基板用ウェハ 110 をある程度の厚さとなるまで研磨した後、さらに弗化硝酸によってウェットエッチングすることにより流路形成基板用ウェハ 110 を所定の厚みにする。例えば、本実施形態では、約 $70\mu\text{m}$ 厚になるように流路形成基板用ウェハ 110 をエッチング加工した。次いで、図 5 (a) に示すように、流路形成基板用ウェハ 110 上に、例えば、窒化シリコン (SiN) からなるマスク膜 52 を新たに形成し、所定形状にパターンニングする。そして、このマスク膜 52 を介して流路形成基板用ウェハ 110 を異方性エッチングすることにより、図 5 (b) に示すように、流路形成基板用ウェハ 110 に圧力発生室 12、連通部 13 及びインク供給路 14 等を形成する。

【0041】

その後は、流路形成基板用ウェハ 110 及び保護基板用ウェハ 130 の外周縁部の不要部分を、例えば、ダイシング等により切断することによって除去する。そして、流路形成基板用ウェハ 110 の保護基板用ウェハ 130 とは反対側の面にノズル開口 21 が穿設されたノズルプレート 20 を接合すると共に、保護基板用ウェハ 130 にコンプライアンス基板 40 を接合し、流路形成基板用ウェハ 110 等を図 1 に示すような一つのチップサイズの流路形成基板 10 等に分割することによって、本実施形態のインクジェット式記録ヘッドとする。

【0042】

以上説明したように、本発明では、弾性膜 50 上に形成される酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜 55 を形成する際に、ジルコニウム層を熱酸化後、さらに所定の条件でアニール処理するようにした。これにより、絶縁体膜 55 の密着力を向上することができると共に、絶縁体膜 55 の応力を調整することができる。したがって、振動板の耐久性が向上すると共に、圧電素子 300 の駆動による振動板の変位量を向上することができ、インク吐出特性を向上したインクジェット式記録ヘッドを実現することができる。

【0043】

なお、上述した製造方法によって製造されたインクジェット式記録ヘッドは、その後、インクカートリッジ等と連通するインク流路を具備する記録ヘッドユニットの一部を構成

して、インクジェット式記録装置に搭載される。図 1 2 は、そのインクジェット式記録装置の一例を示す概略図である。図 1 2 に示すように、インクジェット式記録ヘッドを有する記録ヘッドユニット 1 A 及び 1 B は、インク供給手段を構成するカートリッジ 2 A 及び 2 B が着脱可能に設けられ、この記録ヘッドユニット 1 A 及び 1 B を搭載したキャリッジ 3 は、装置本体 4 に取り付けられたキャリッジ軸 5 に軸方向移動自在に設けられている。この記録ヘッドユニット 1 A 及び 1 B は、例えば、それぞれブラックインク組成物及びカラーインク組成物を吐出するものとしている。そして、駆動モータ 6 の駆動力が図示しない複数の歯車およびタイミングベルト 7 を介してキャリッジ 3 に伝達されることで、記録ヘッドユニット 1 A 及び 1 B を搭載したキャリッジ 3 はキャリッジ軸 5 に沿って移動される。一方、装置本体 4 にはキャリッジ軸 5 に沿ってプラテン 8 が設けられており、図示しない給紙ローラなどにより給紙された紙等の記録媒体である記録シート S がプラテン 8 上を搬送されるようになっている。

【0 0 4 4】

(他の実施形態)

以上、本発明の各実施形態を説明したが、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではない。また、上述した実施形態においては、アクチュエータ装置を液体吐出手段として具備し液体噴射装置に搭載される液体噴射ヘッドの一例としてインクジェット式記録ヘッドを例示したが、本発明は、広くアクチュエータ装置の全般を対象としたものである。したがって、勿論、本発明は、インク以外の液体を噴射する液体噴射ヘッドにも適用することができる。その他の液体噴射ヘッドとしては、例えば、プリンタ等の画像記録装置に用いられる各種の記録ヘッド、液晶ディスプレイ等のカラーフィルタの製造に用いられる色材噴射ヘッド、有機 E L ディスプレー、F E D (面発光ディスプレイ) 等の電極形成に用いられる電極材料噴射ヘッド、バイオ c h i p 製造に用いられる生体有機物噴射ヘッド等が挙げられる。また、本発明は、液体噴射ヘッドに搭載されるアクチュエータ装置だけでなく、あらゆる装置に搭載されるアクチュエータ装置に適用できる。なお、アクチュエータ装置が搭載される他の装置としては、上述した液体噴射ヘッドの他に、例えば、センサー等が挙げられる。

【図面の簡単な説明】

【0 0 4 5】

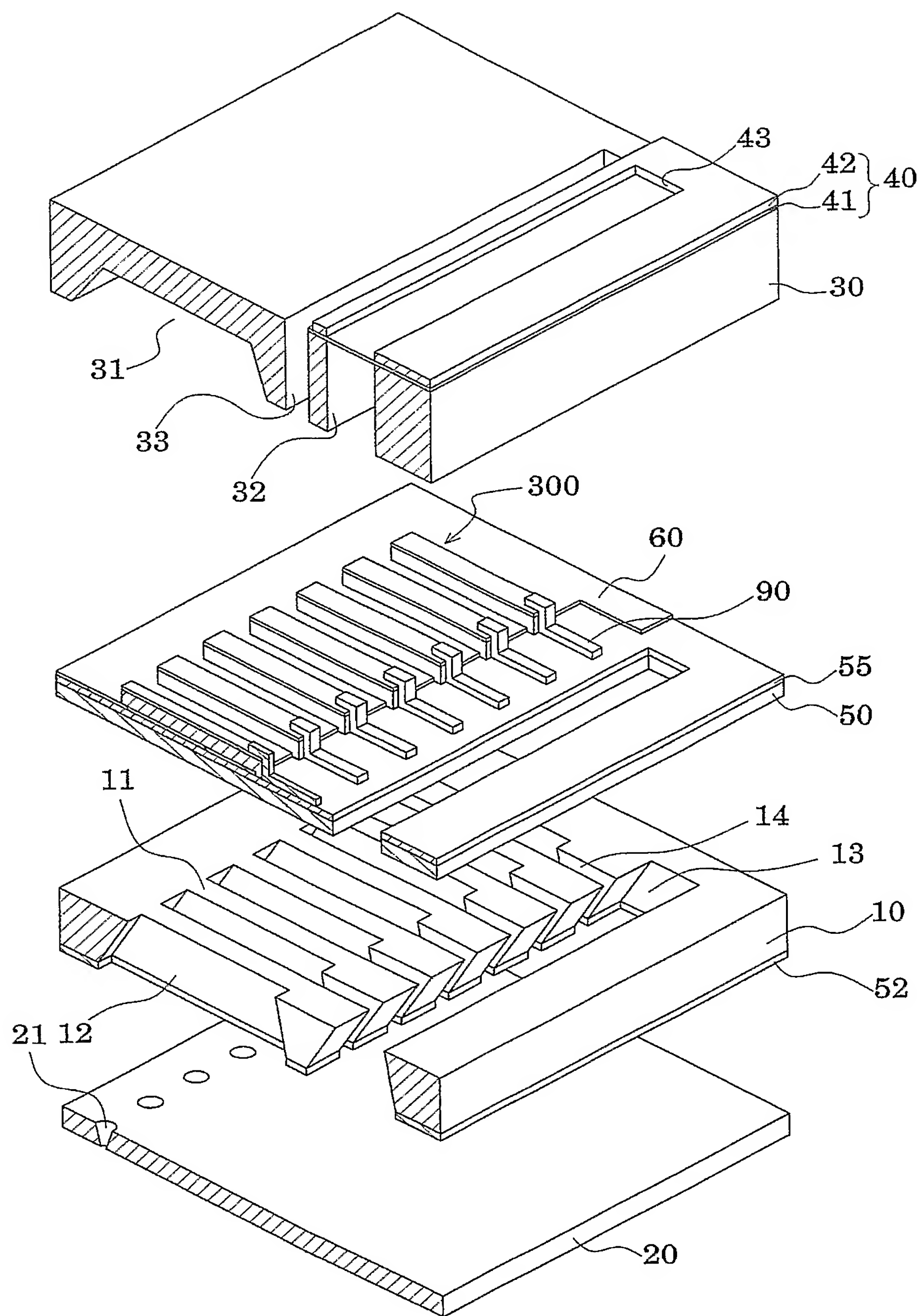
- 【図 1】 実施形態 1 に係る記録ヘッドの分解斜視図である。
- 【図 2】 実施形態 1 に係る記録ヘッドの平面図及び断面図である。
- 【図 3】 実施形態 1 に係る記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。
- 【図 4】 実施形態 1 に係る記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。
- 【図 5】 実施形態 1 に係る記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。
- 【図 6】 密着力の測定位置を説明する図である。
- 【図 7】 昇温レートと密着力との関係を示すグラフである。
- 【図 8】 絶縁体膜の断面を示す S E M 像である。
- 【図 9】 アニール処理前後での絶縁体膜の応力変化を示すグラフである。
- 【図 1 0】 比較例に係る絶縁体膜の密着力のばらつきを示すグラフである。
- 【図 1 1】 実施例に係る絶縁体膜の密着力のばらつきを示すグラフである。
- 【図 1 2】 本発明の一実施形態に係る記録装置の概略図である。

【符号の説明】

【0 0 4 6】

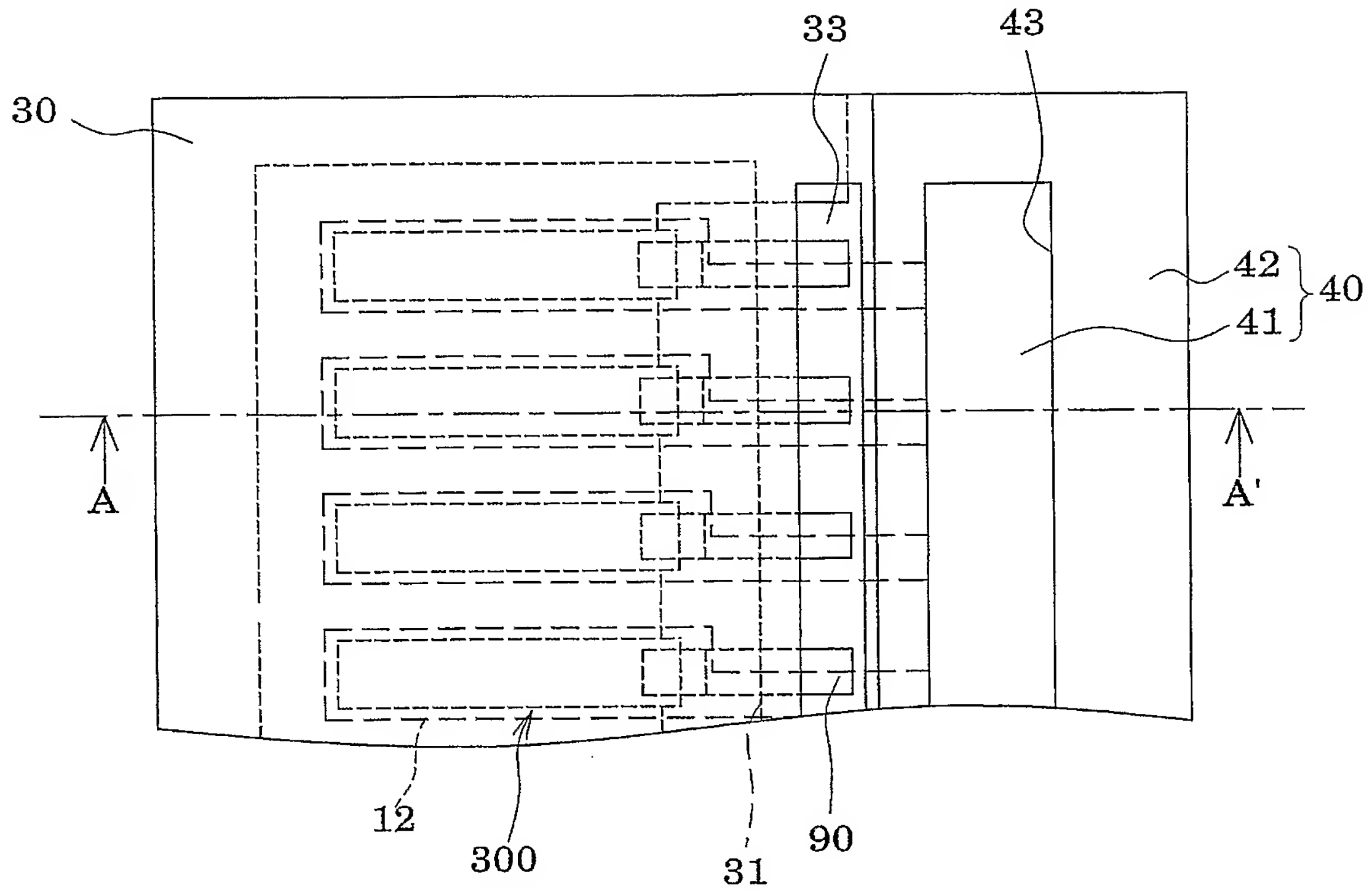
1 0 流路形成基板、 1 2 圧力発生室、 2 0 ノズルプレート、 2 1 ノズル開口、 3 0 保護基板、 3 1 圧電素子保持部、 3 2 リザーバ部、 4 0 コンプライアンス基板、 5 0 弾性膜、 5 5 絶縁体膜、 6 0 下電極膜、 7 0 圧電体層、 8 0 上電極膜、 1 0 0 リザーバ、 1 1 0 流路形成基板用ウエハ、 3 0 0 圧電素子

【書類名】 図面
【図 1】

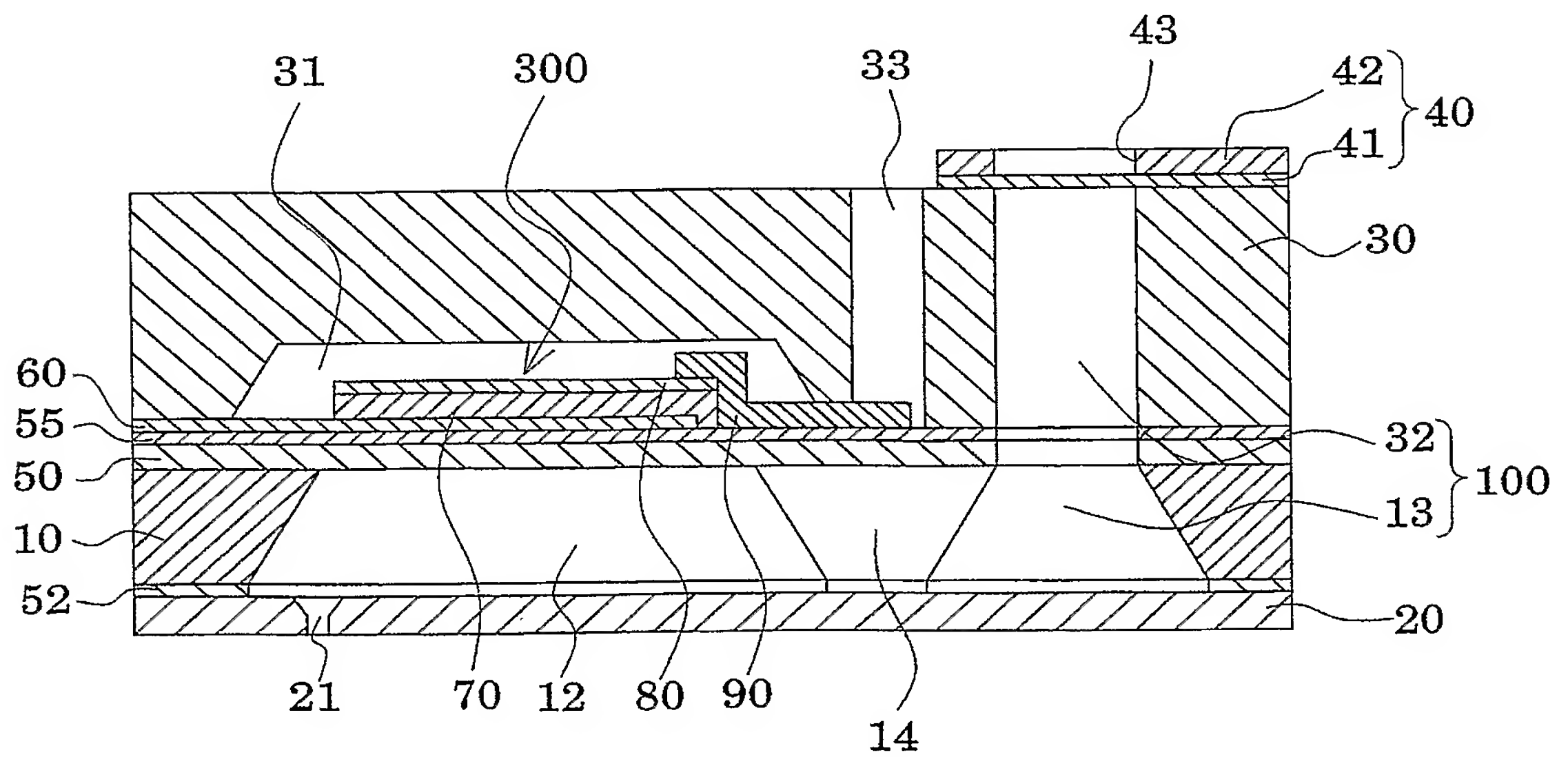


【図 2】

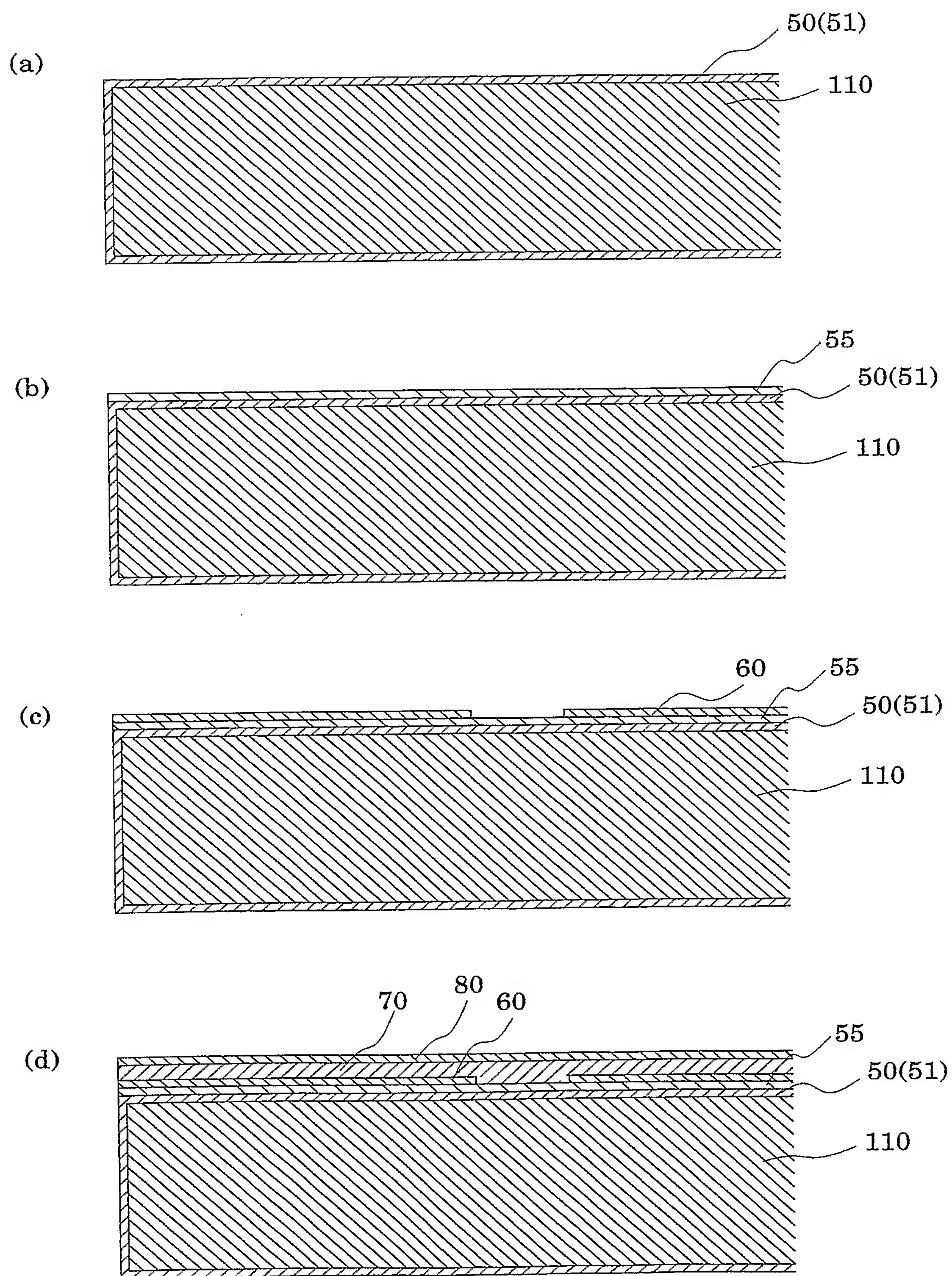
(a)



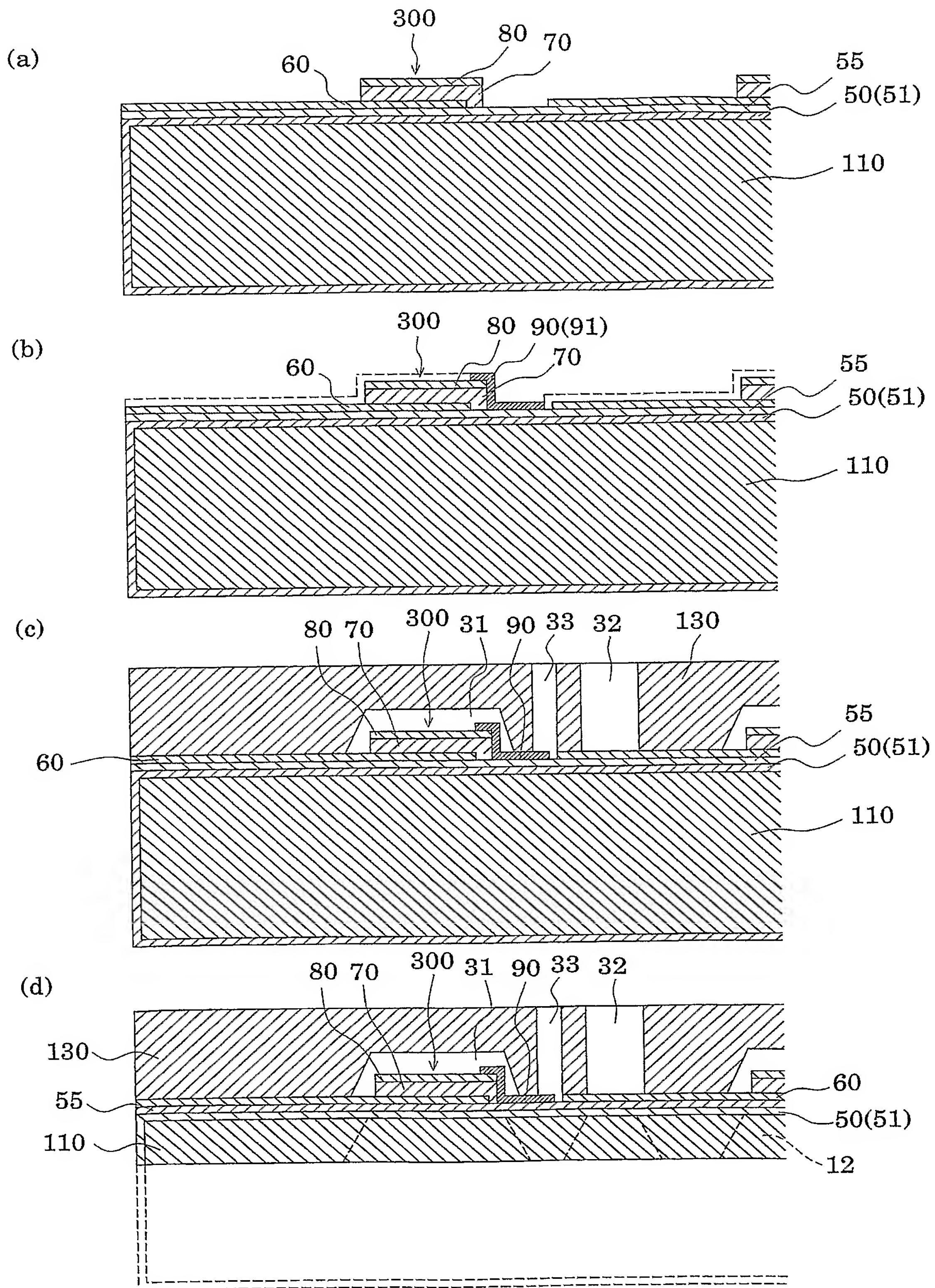
(b)



【図 3】

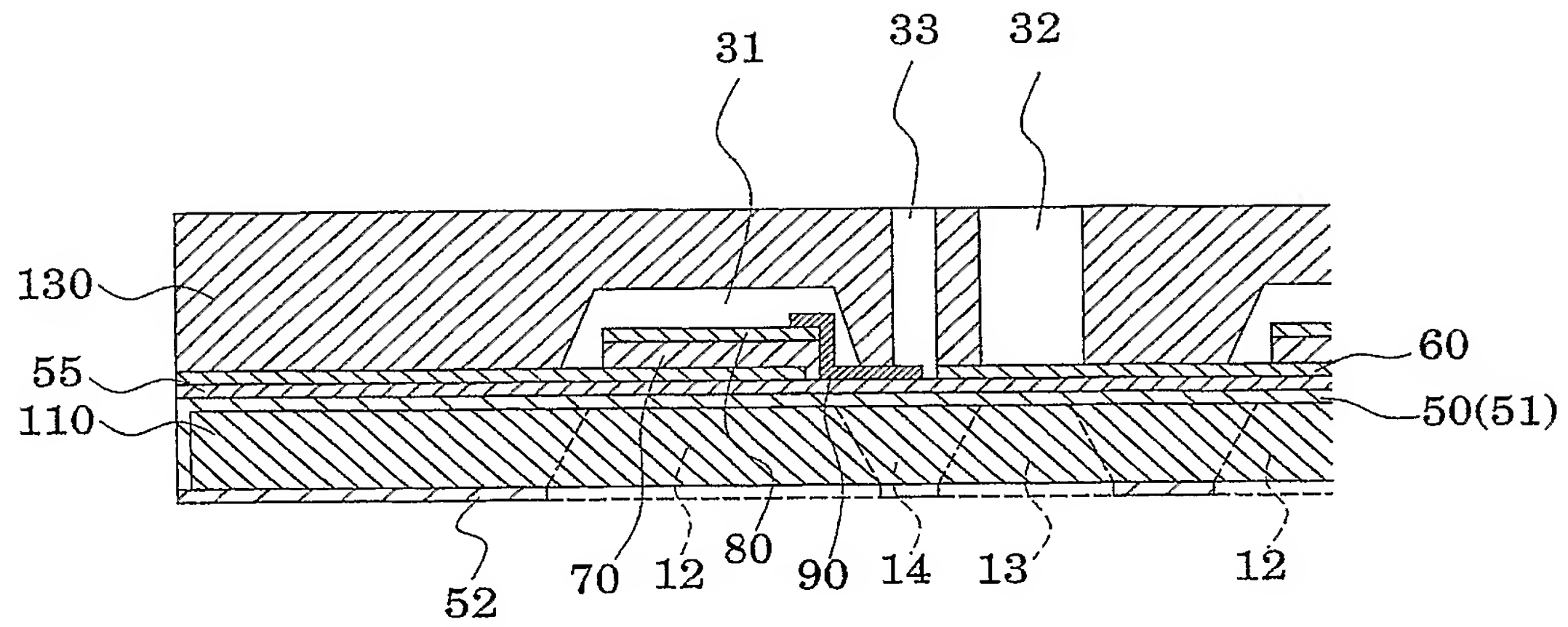


【図 4】

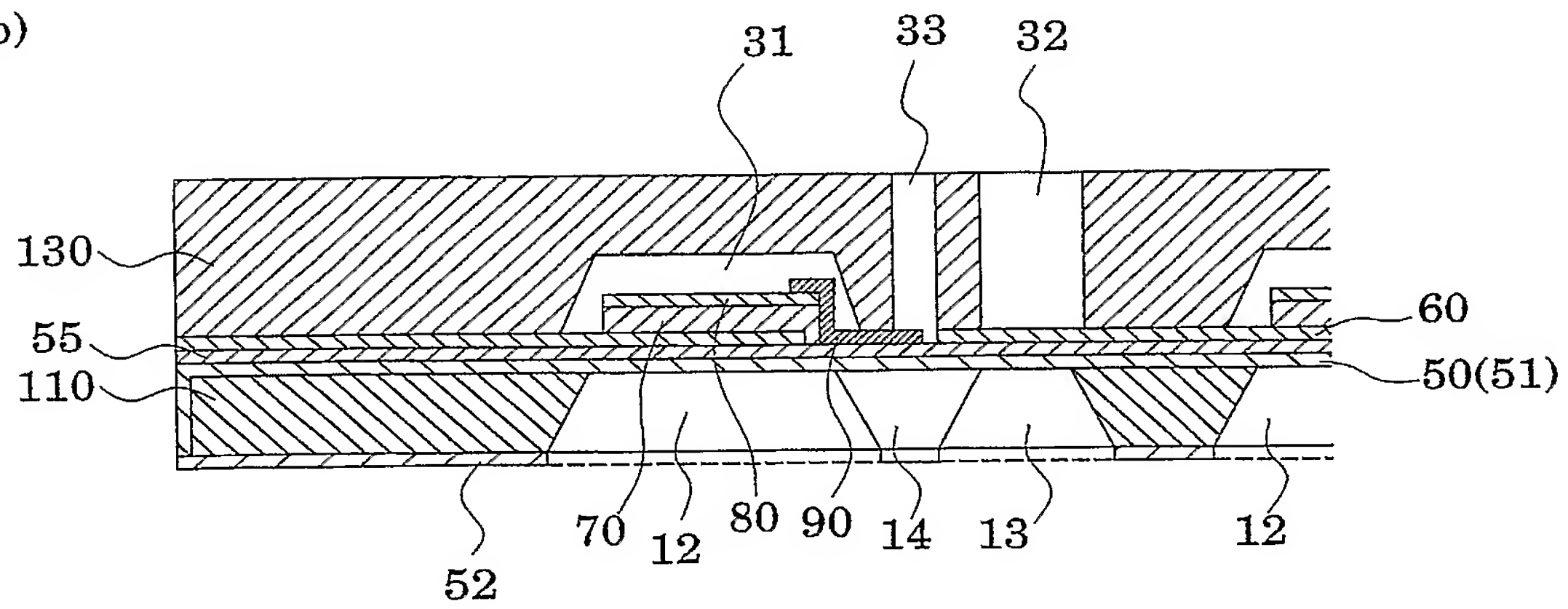


【図 5】

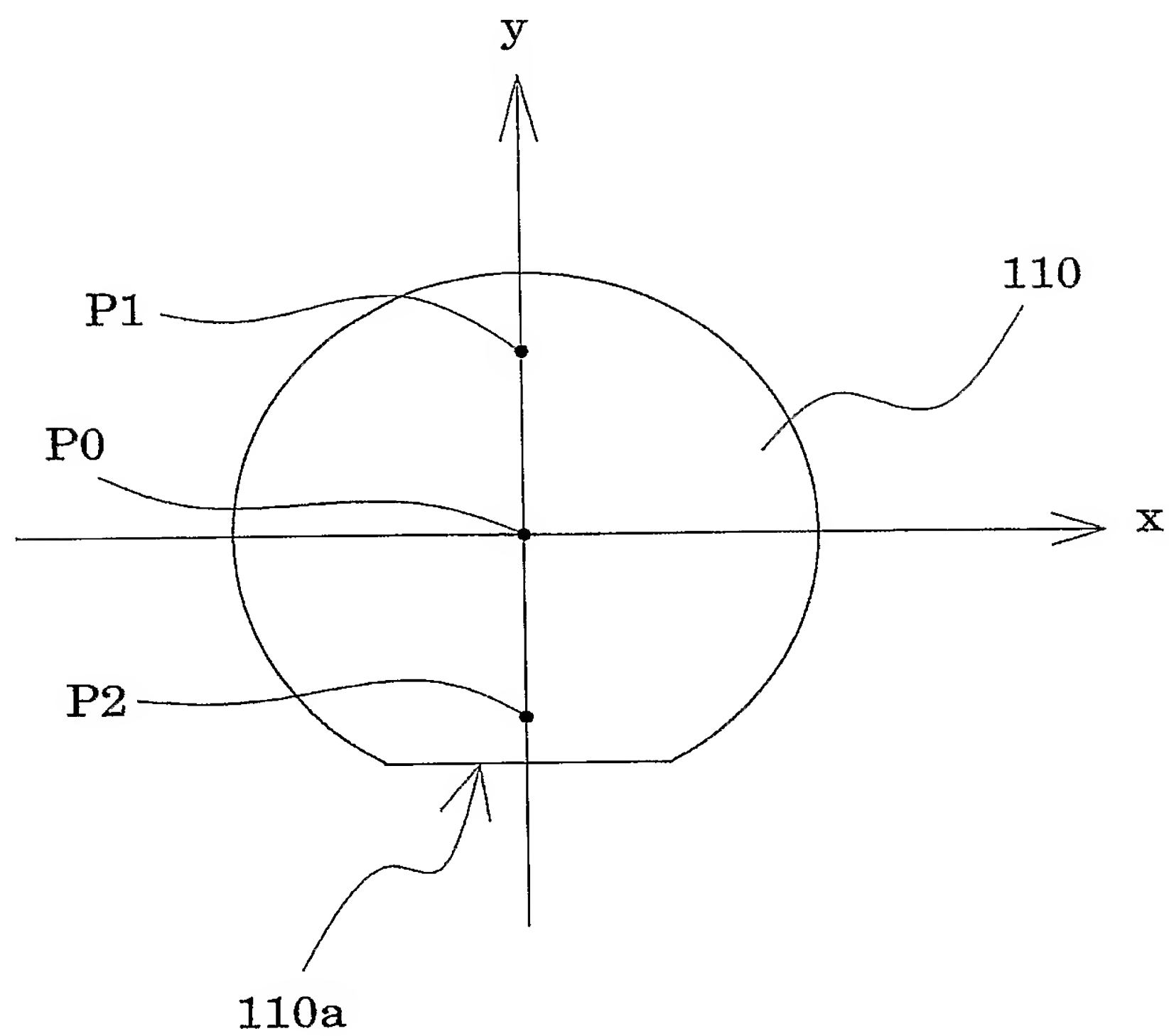
(a)



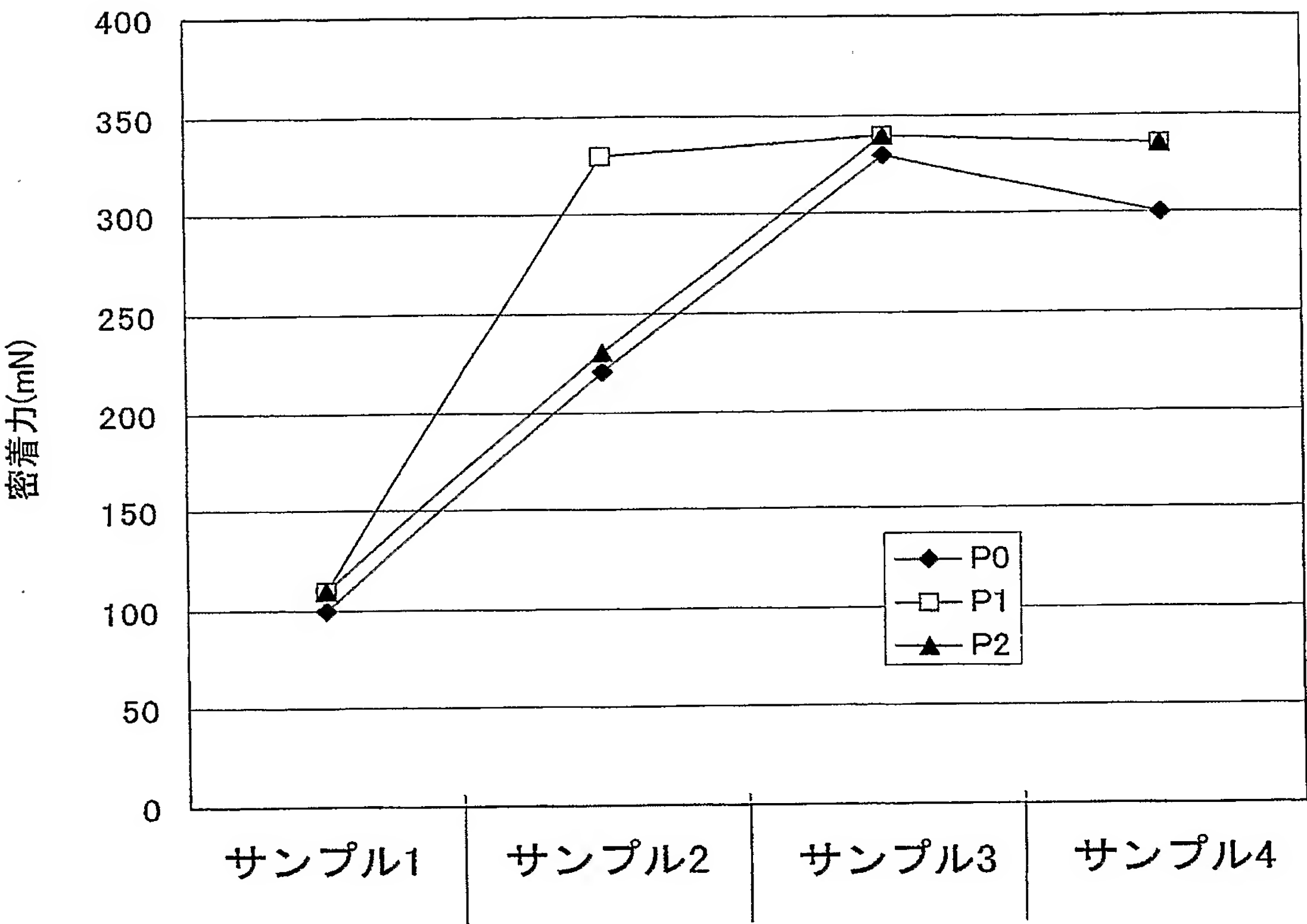
(b)



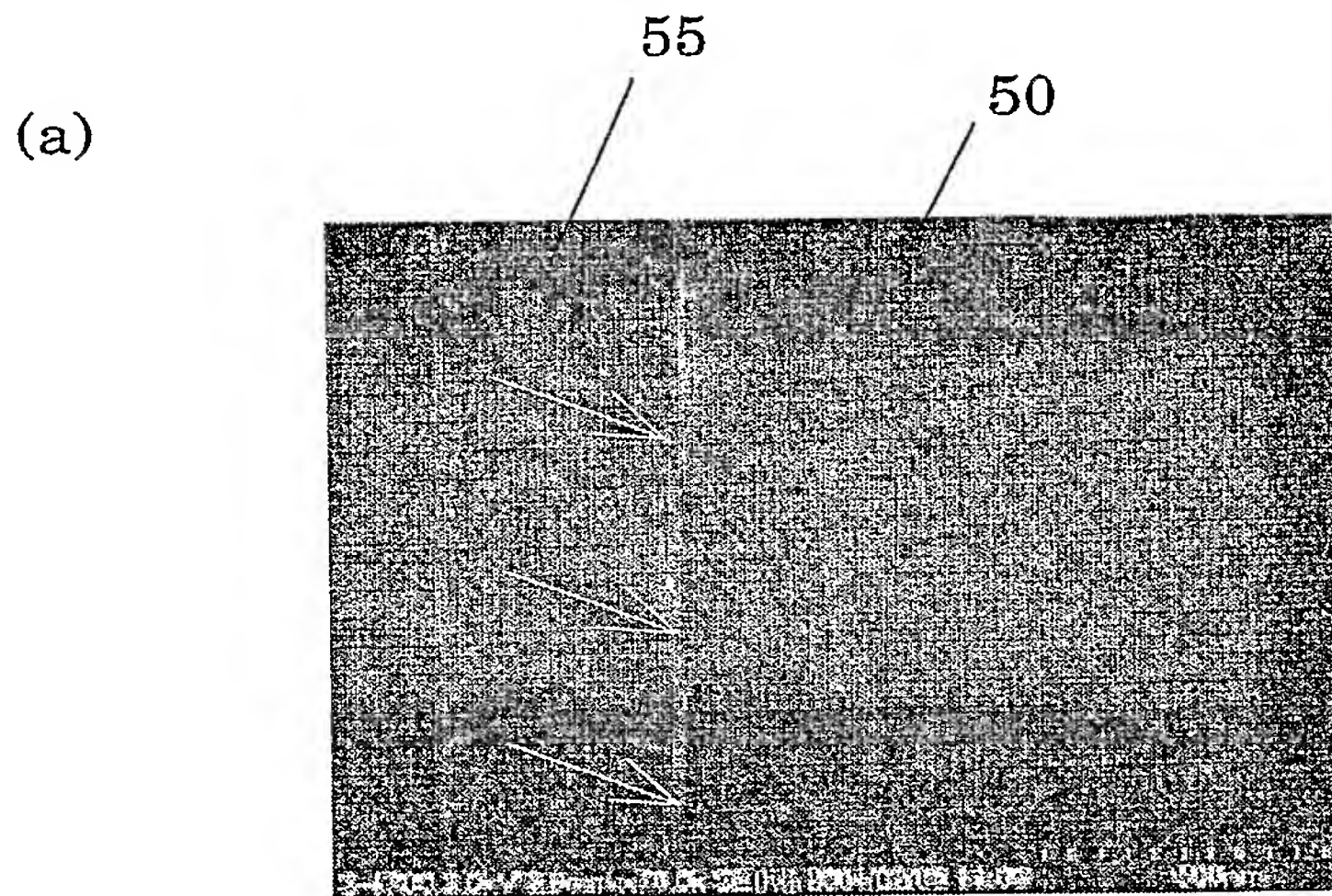
【図 6】



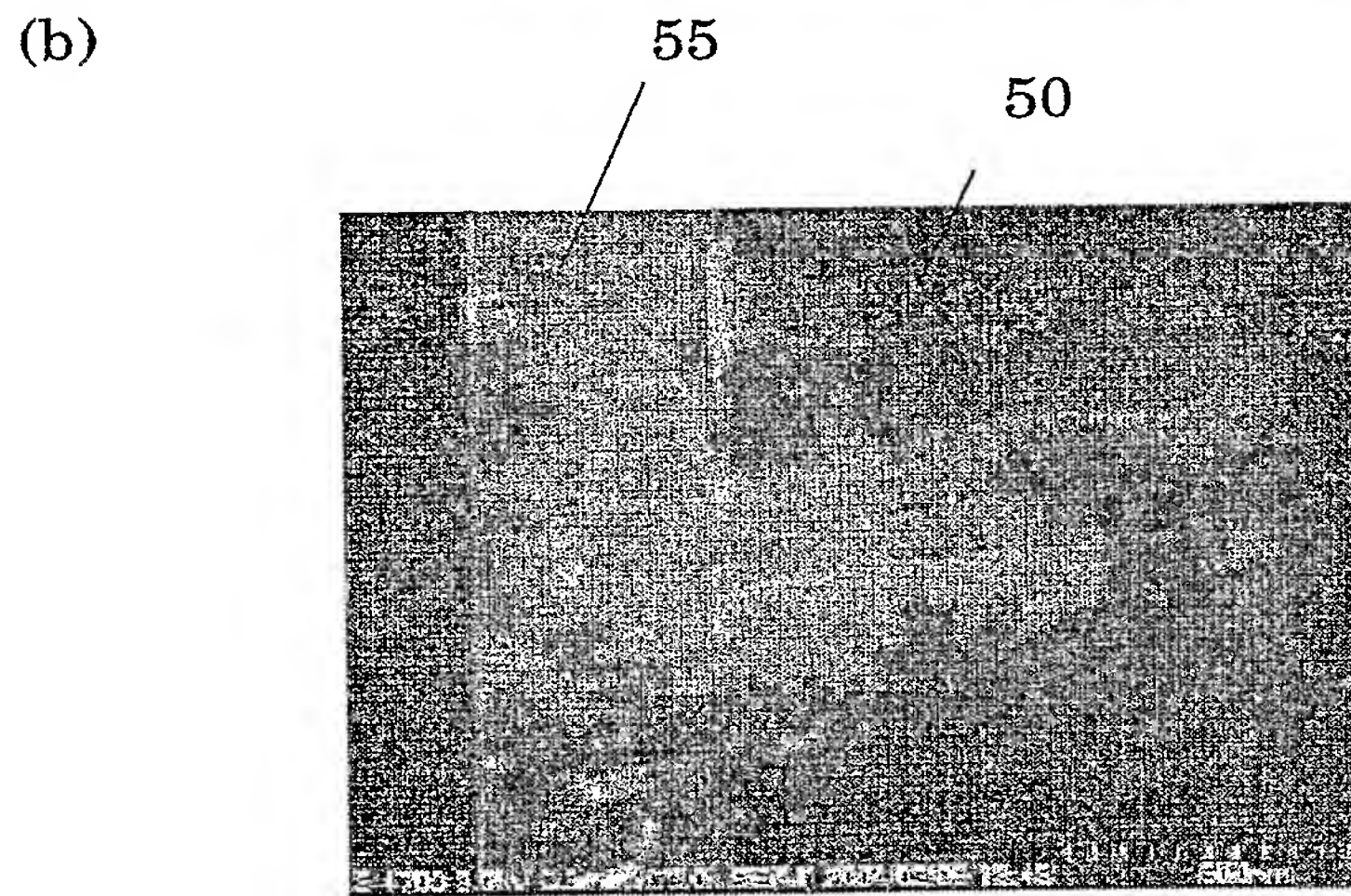
【図 7】



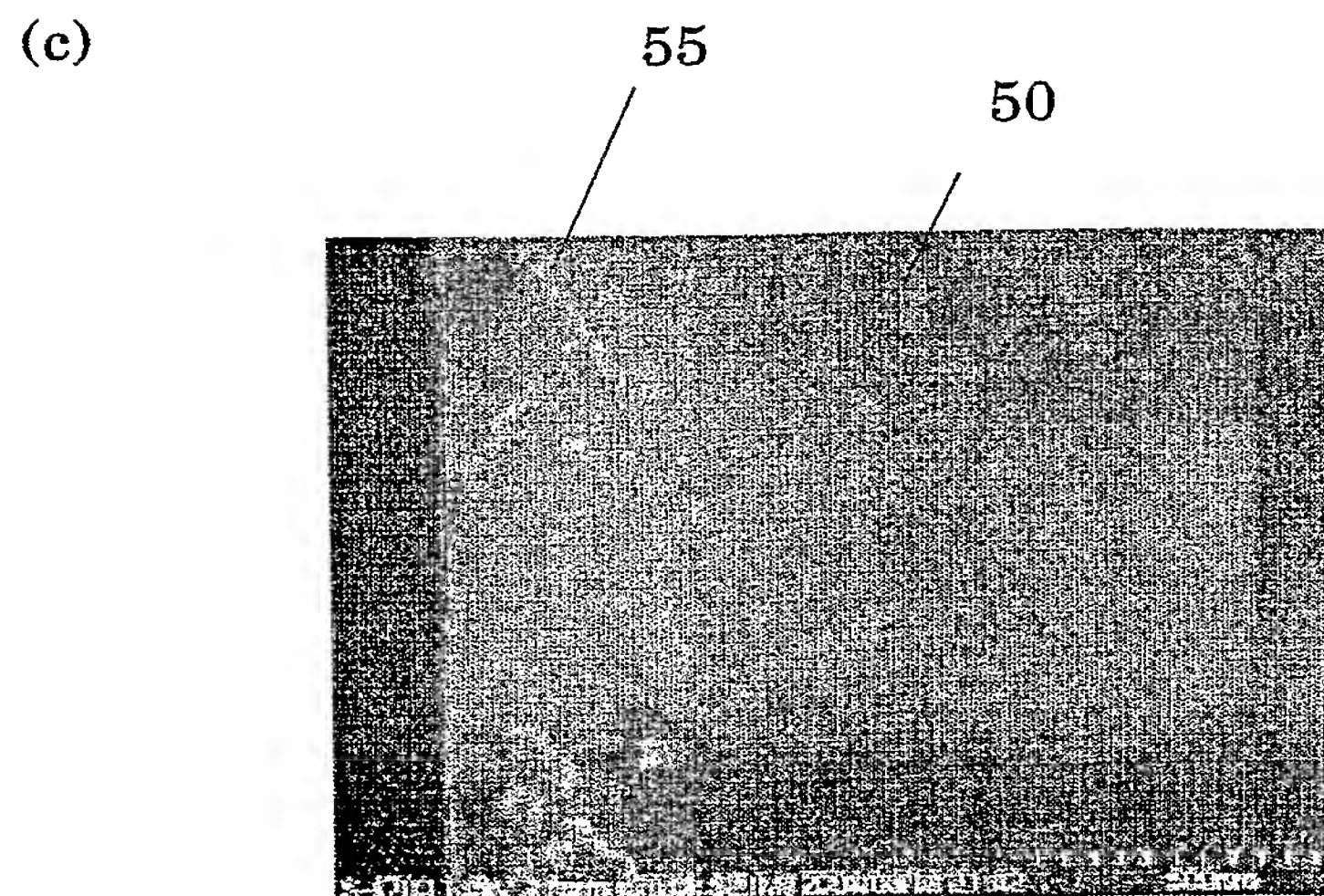
【図 8】



サンプル5

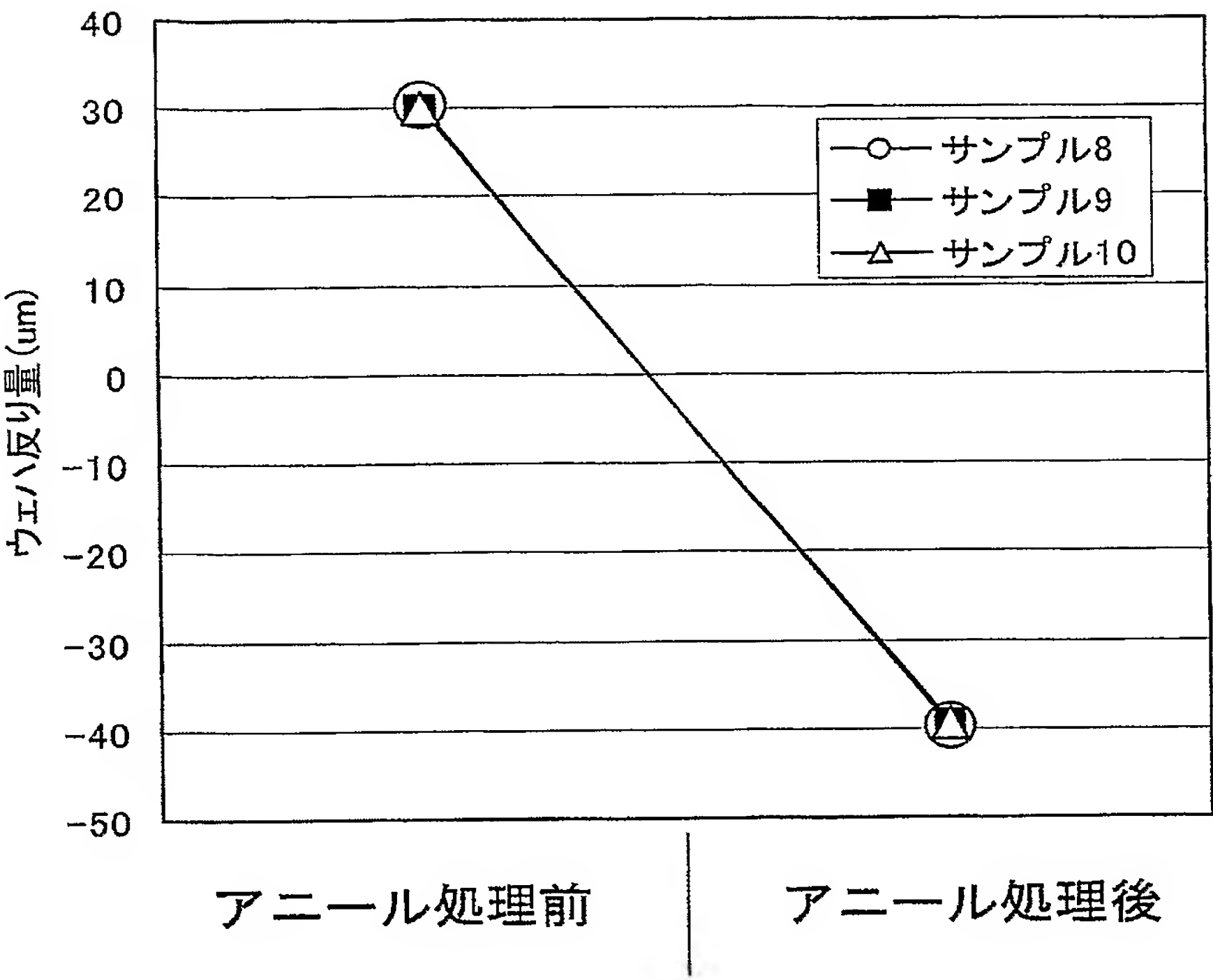


サンプル6

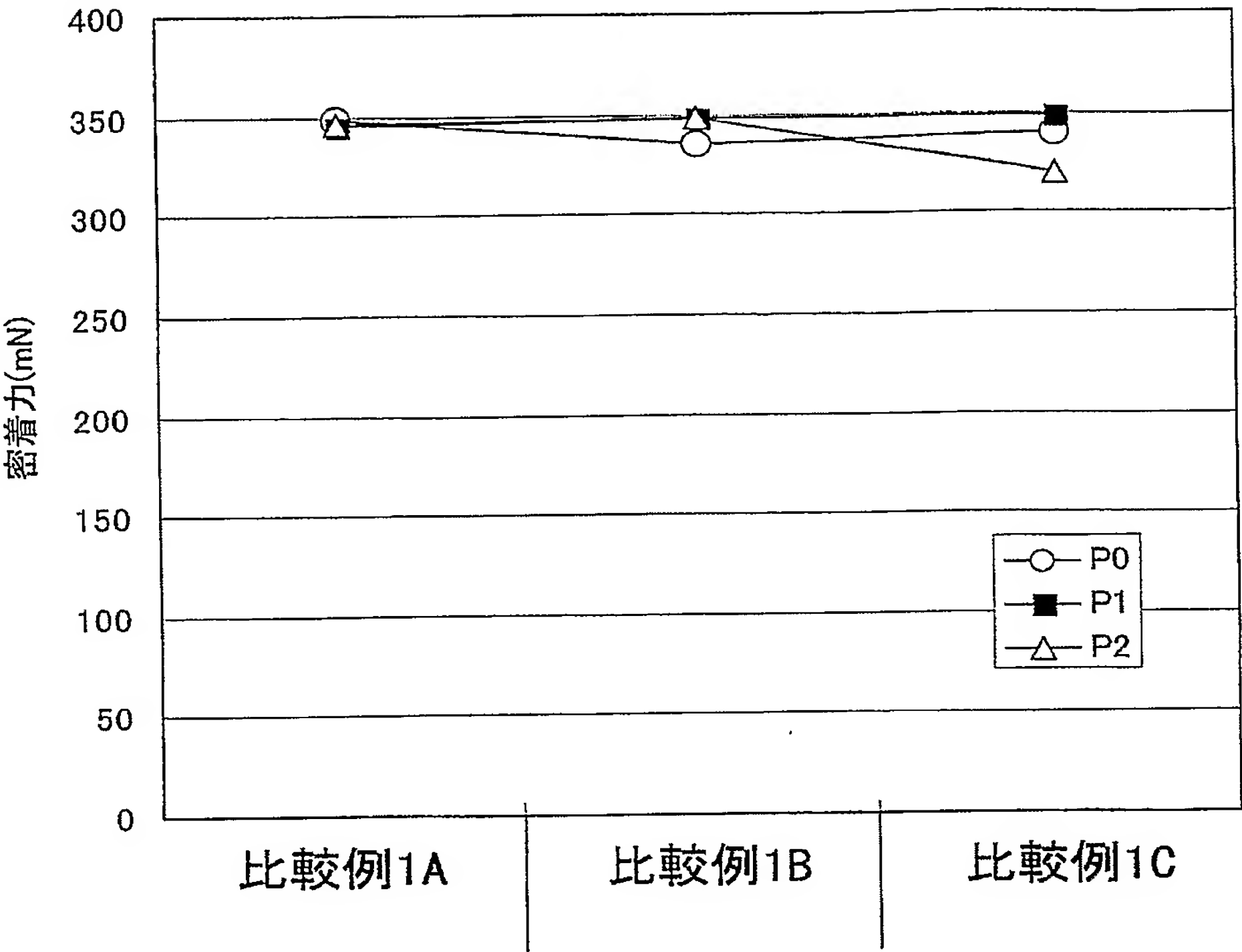


サンプル7

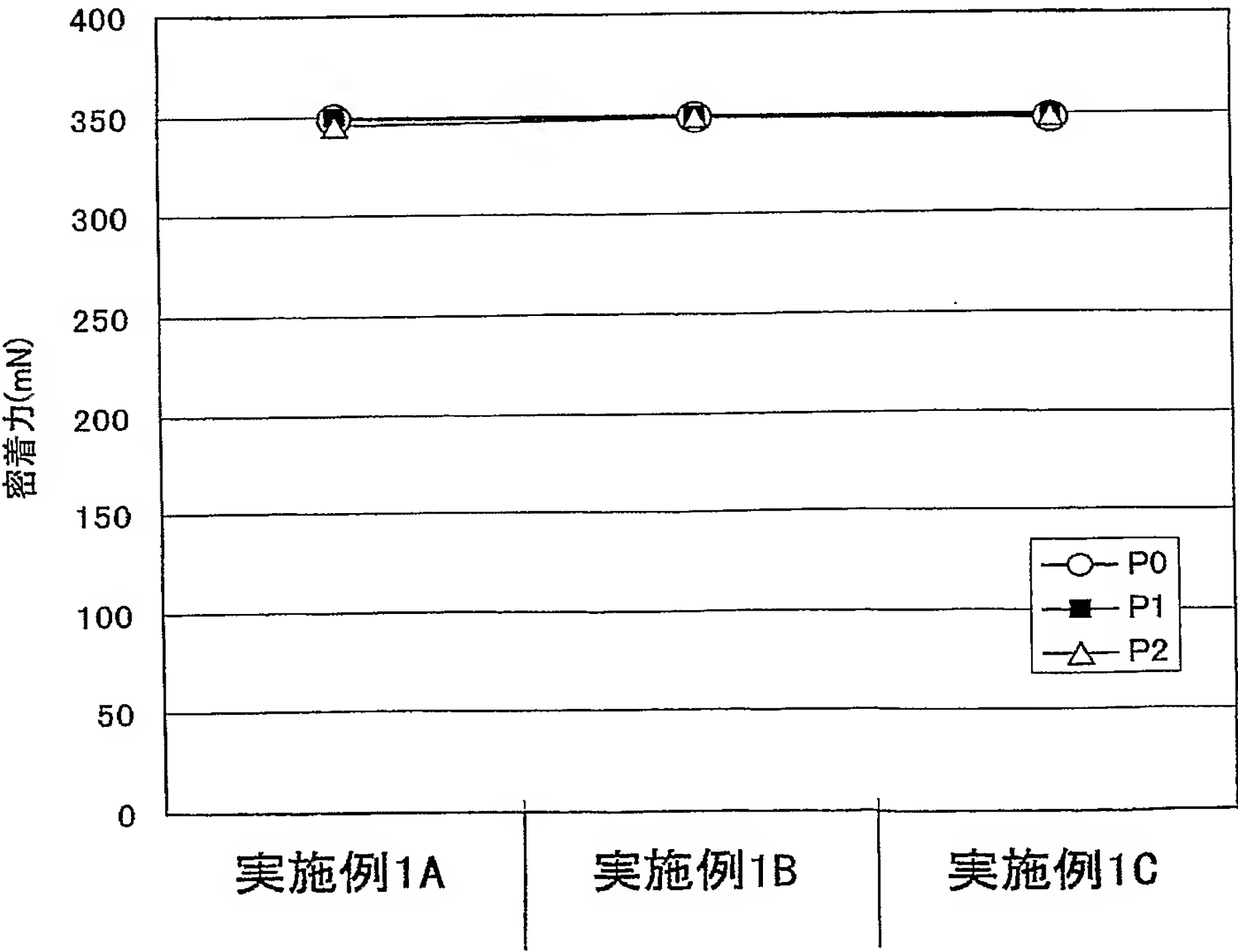
【図 9】



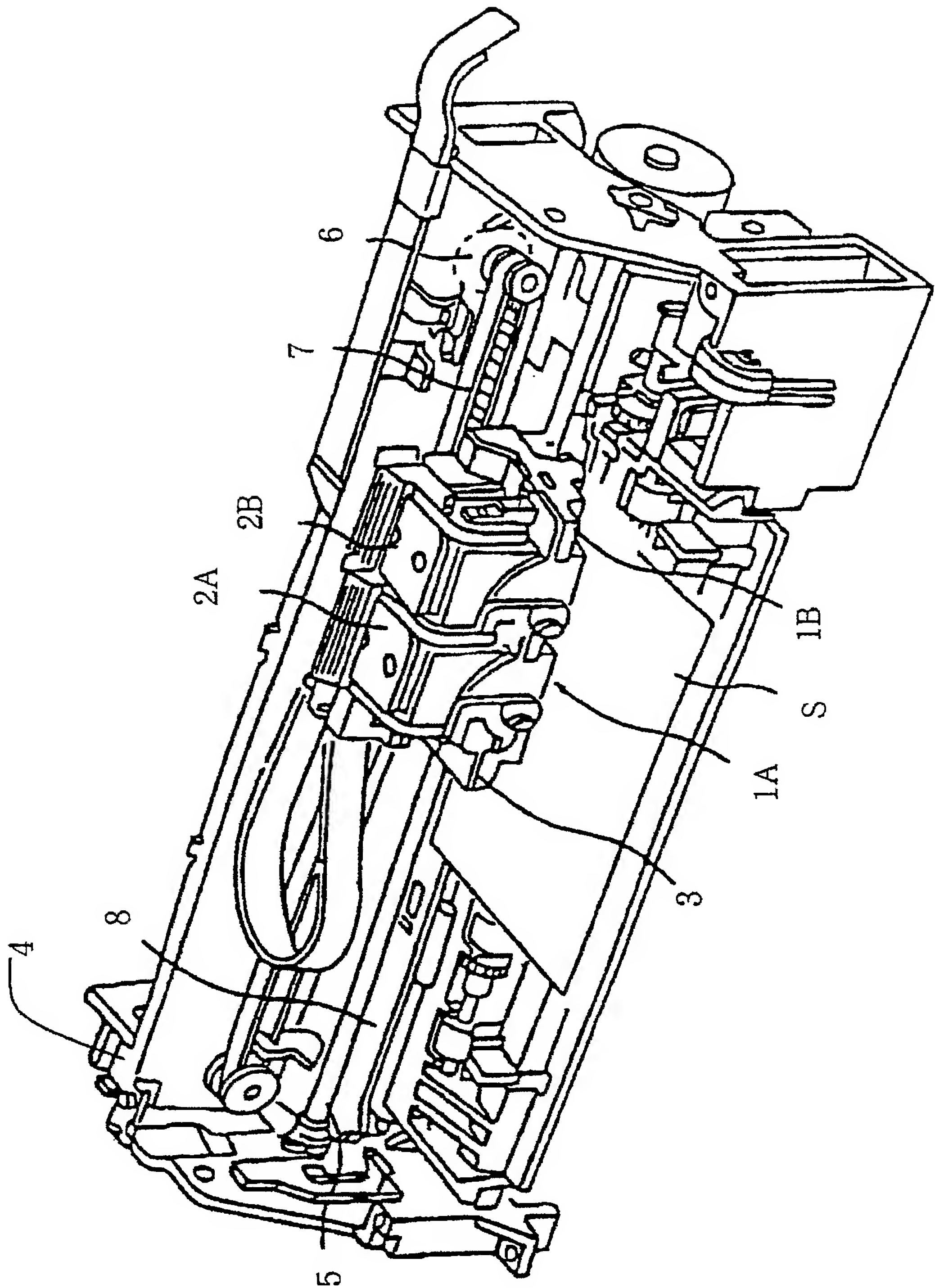
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 振動板の剥がれを防止して耐久性及び信頼性を向上した液体噴射ヘッドの製造方法を提供する。

【解決手段】 基板の一方面に振動板を形成する工程と、振動板上に下電極、圧電体層及び上電極からなる圧電素子を形成する工程とを具備し、振動板を形成する工程が、基板の一方面側にジルコニウム層を形成すると共にジルコニウム層を所定の昇温レートで所定の温度まで加熱して熱酸化することにより酸化ジルコニウム層からなる絶縁体膜を形成する工程と、ジルコニウム層を熱酸化する際の最高温度以下の温度で絶縁体膜をアニール処理して絶縁体膜の応力を調整する工程とを少なくとも有するようにする。

【選択図】 なし

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 4 - 2 3 1 4 6 3
受付番号	5 0 4 0 1 3 3 7 6 1 7
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0 0 9 1
作成日	平成 1 6 年 8 月 9 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成16年 8月 6日
-------	-------------

特願 2 0 0 4 - 2 3 1 4 6 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 2 3 6 9]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号
氏 名	セイコーエプソン株式会社